

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **09-126744**

(43)Date of publication of application : **16.05.1997**

(51)Int.Cl.

G01B 11/30

G01N 21/88

(21)Application number : **07-287131**

(71)Applicant : **NISSAN MOTOR CO LTD**

(22)Date of filing : **06.11.1995**

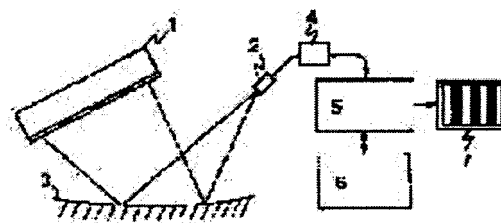
(72)Inventor : **IMANISHI MASANORI**
YOSHIDA KIYOSHI

(54) DEVICE FOR INSPECTING COATED FILM SMOOTHNESS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently and highly accurately inspect an object to be inspected in a wide area, even when its curved surface is inspected, by converting the light receiving image of a prescribed brightness and darkness pattern projected on a surface to be inspected into an image data, extracting a boundary region between bright and dark parts and using this as a binarized image.

SOLUTION: A bright and dark striped pattern is projected on a surface 3 to be inspected by using an illuminator 1 having a bright and dark striped pattern and a light receiving image is obtained by photographing this pattern with a video camera 2. When the surface 3 to be inspected is curved, even if the pitch of the striped pattern of the illuminator 1 is constant, the pitch of the stripe of the light receiving image changes according to the curvature of the surface 3 to be inspected. The light receiving image is inputted to an image processor 5, the brightness and darkness boundary region of the stripe is extracted and this is used as a binarized image. Then, labeling is performed for the brightness and darkness boundary region and the width of the region is calculated. Since the change of the width is larger as the smoothness of the surface 3 to be inspected is worse, statistical processing for obtaining width variance is performed and smoothness is calculated from its result and characteristic obtained beforehand.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3412366

[Date of registration] 28.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-126744

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/30	1 0 2		G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z
G 0 1 N 21/88			G 0 1 N 21/88	Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平7-287131

(22) 出願日 平成7年(1995)11月6日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 今西 正則

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 吉田 清

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

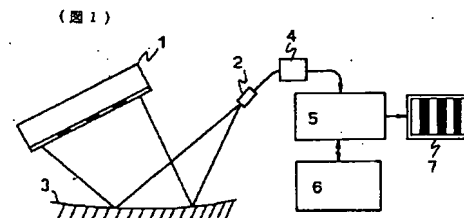
(74) 代理人 弁理士 中村 純之助 (外1名)

(54) 【発明の名称】 塗膜平滑性検査装置

(57) 【要約】

【課題】 広い面積の被検査物体を効率良く検査することが出来る塗膜平滑性検査装置を提供する。

【解決手段】 被検査面3に明暗パターンを映し出す照明手段1と、被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段2 (例えばビデオカメラ) と、画像データから明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出し、その明暗境界領域の画像を所定のしきい値で2値化し、その2値化画像における明暗境界領域の幅のばらつき度合に応じて被検査面の平滑性を判定する手段 (例えばコンピュータ等の画像処理装置5) と、を備えた塗膜平滑性検査装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記画像データから上記明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出する明暗境界抽出手段と、
上記明暗境界抽出手段で求めた明暗境界領域の画像を所定のしきい値で2値化する2値化手段と、
上記2値化手段の2値化画像における明暗境界領域の幅のばらつき度合に応じて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、

を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項2】上記明暗境界領域の2値化画像を細線化して画像の中心線を抽出する細線化手段を設け、上記明暗境界領域における上記中心線と直角方向の幅を明暗境界領域の幅として平滑性を判定することを特徴とする請求項1に記載の塗膜平滑性検査装置。

【請求項3】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記画像データから上記明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出する明暗境界抽出手段と、
上記明暗境界抽出手段で求めた明暗境界領域の画像を所定のしきい値で2値化する2値化手段と、
上記2値化手段で2値化された明暗境界領域を一旦膨張させたのち収縮させる膨張／収縮処理を行なう膨張／収縮手段と、

上記2値化手段で2値化された画像と上記膨張／収縮処理後の画像との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項4】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記画像データから上記明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出する明暗境界抽出手段と、
上記明暗境界抽出手段で求めた明暗境界領域の画像を所

定のしきい値で2値化する第1の2値化手段と、

上記明暗境界抽出手段で求められた明暗境界領域を平滑化する平滑化手段と、

上記平滑化処理後の画像を所定のしきい値で2値化する第2の2値化手段と、

上記第1の2値化手段の処理結果と第2の2値化手段の処理結果との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項5】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記画像データから上記明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出する明暗境界抽出手段と、
上記明暗境界抽出手段で求められた明暗境界領域を平滑化する平滑化手段と、
上記明暗境界抽出手段で求められた明暗境界領域と上記平滑化手段の処理結果との差を求める差検出手段と、
上記差検出手段の検出結果を所定のしきい値で2値化する2値化手段と、
上記2値化手段の処理結果として求められた乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項6】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記受光画像を所定のしきい値で2値化する2値化手段と、
上記2値化手段で2値化された画像を一旦膨張させたのち収縮させる膨張／収縮処理を行なう膨張／収縮手段と、
上記2値化手段で2値化された画像と上記膨張／収縮処理後の画像との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項7】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記受光画像を所定のしきい値で2値化する第1の2値化手段と、

上記受光画像を平滑化する平滑化手段と、
上記平滑化処理後の画像を所定のしきい値で2値化する第2の2値化手段と、

上記第1の2値化手段の処理結果と第2の2値化手段の処理結果との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項8】塗装された被検査面に光を照射し、その被検査面からの反射光に基づいて受光画像を作成し、この受光画像に基づいて被検査面上の平滑性を検出する塗膜平滑性検査装置において、

被検査面に所定の明暗パターンを映し出す照明手段と、
上記被検査面を撮像して得られる明暗パターンの受光画像を電気信号の画像データに変換する撮像手段と、
上記受光画像を平滑化する平滑化手段と、

上記受光画像と上記平滑化手段の処理結果との差を求める差検出手段と、
上記差検出手段の検出結果を所定のしきい値で2値化する2値化手段と、

上記2値化手段の処理結果として求められた乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定する判定手段と、
を備えたことを特徴とする塗膜平滑性検査装置。

【請求項9】上記2値化手段におけるしきい値が被検査面の塗装の色に応じて予め定められた値であることを特徴とする請求項1乃至請求項8の何れかに記載の塗膜平滑性検査装置。

【請求項10】受光画像の輝度に関する物理量に応じて、上記2値化手段におけるしきい値を自動的に設定する手段を備えたことを特徴とする請求項1乃至請求項8の何れかに記載の塗膜平滑性検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、塗装面の平滑性を検査する装置、例えば自動車ボディの塗装面の平滑性を画像処理によって検査する装置に関する。

【0002】

【従来技術】従来の塗膜平滑性検査装置としては、例えば特開平1-213509号公報に示されたものがある。これは、被検査面に所定の明暗縞（ストライプ）模様を映し出し、被検査面上のゆず肌の凹凸による明暗パターンの乱れを利用して平滑性を検出するものである。具体的には、被検査面に映した所定の明暗パターン像を撮像し、得られた受光画像の明暗パターンを2値化し、

これに所定のパターンを重ね合わせることによって形成される明暗パターンの明部または暗部の形状により、被検査塗装面の平滑性を判定するものである。また、被検査面が曲面の場合には、平面の箇所と曲面と箇所とで区別してそれぞれ上記の形状ばらつきを算出し、両者の平均値を用いて判定するように構成されている。

【0003】なお、上記のゆず肌とは次のごとき状態を言う。すなわち、塗料溶剤の蒸発する過程において発生する渦対流により、塗料の濃度が厳密には一定でなくなるので、塗膜の厚さには極めて薄い（低い）凹凸が周期的に発生する。この凹凸は、例えば山と山の間隔が0.1～1cm程度で、凹凸の高さが数μm程度である。このような極めて薄い凹凸は通常では気がつかない程度のものであり、欠陥とはならない。しかし、光の加減等では“ゆず”やオレンジの表面のように見えることがあるので、いわゆる“ゆず肌”もしくは“オレンジ肌”と呼ばれるものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のごとき従来の塗膜平滑性検査装置においては、次のごとき問題があった。すなわち、従来の塗膜平滑性検査装置においては、上記のごとき検出すべき凹凸の大きさに対応するため、照明の明暗パターンのピッチを0.15cm程度にする必要があり、そのため受光画像に映るストライプの本数や撮像手段（ビデオカメラ）の画素数（分解能）を考慮すると、ビデオカメラの撮影範囲（視野）は5cm×5cm程度と狭い範囲になる。したがって広い範囲を短時間に検査するのは困難であり、自動車のボディのような大面積の物体を効率良く検査することが出来ないと問題があった。また、上記のような曲面の検査方法では、自動車のボディのような複雑な曲面の場合には、曲面の影響を除去できず、かつ処理時間が長くなるので、検査効率が悪化するという問題もあった。

【0005】本発明は上記のごとき従来技術の問題を解決するためになされたものであり、第1の目的は広い面積の被検査物体を効率良く検査することが出来る塗膜平滑性検査装置を提供することである。また、第2の目的は曲面の場合でも精度良く検査することの出来る塗膜平滑性検査装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明においては特許請求の範囲に記載するように構成している。

【0007】まず、請求項1に記載の発明においては、被検査面に所定の明暗パターンを映し、その受光画像を電気信号の画像データに変換する。そして上記画像データから明暗パターンの画像における明部と暗部の境界領域を抽出し、それを2値化した2値化画像における明暗境界領域の幅のばらつき度合（乱れの大きさに対応する）に応じて被検査面の平滑性を判定するように構成し

ている。なお、平滑性の度合は、実際の塗装作業において必要とされる品質に応じて、予め官能評価を行なって定められた度合であり、例えば“良、可、不可”のような数段階に表示するか、或いは1～5の5段階評価や1～10の10段階評価等で表示することが出来る。上記の構成は、例えば後記図6に示す実施の形態に相当する。

【0008】また、請求項2に記載の発明においては、上記明暗境界領域の2値化画像を細線化して画像の中心線を抽出する細線化手段を設け、上記明暗境界領域における上記中心線と直角方向の幅を明暗境界領域の幅として平滑性を判定するように構成している。

【0009】また、請求項3に記載の発明においては、上記2値化手段で2値化された明暗境界領域を一旦膨張させたのち収縮させる膨張／収縮処理を行なう膨張／収縮手段を設けることによって乱れ部分（ゆず肌等によってストライプの受光画像の境界部分に発生する乱れ）を除いた画像を作成し、それと上記2値化手段で2値化された画像との論理演算（例えば排他的論理和を求める）を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図7に示す実施の形態に相当する。

【0010】また、請求項4に記載の発明においては、明暗境界抽出手段で求められた明暗境界領域を平滑化する平滑化手段を設け、明暗境界領域の2値化画像と平滑化処理後の2値化画像との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図8に示す実施の形態に相当する。

【0011】また、請求項5に記載の発明においては、明暗境界領域自体と明暗境界領域を平滑化した画像との差（実際には差の絶対値を求めると後段の処理が容易）を求める差検出手段を設け、該差検出手段の検出結果を所定のしきい値で2値化した結果として求められた乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図9に示す実施の形態に相当する。

【0012】また、請求項6に記載の発明においては、受光画像を2値化し、2値化された受光画像を一旦膨張させたのち収縮させる膨張／収縮処理を行なう膨張／収縮手段を設け、上記の2値化された画像と上記膨張／収縮処理後の画像との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図10に示す実施の形態に相当する。

【0013】また、請求項7に記載の発明においては、受光画像を平滑化する平滑化手段を設け、受光画像自体

を2値化した画像と平滑化処理後の画像を2値化した画像との論理演算を行ない、その結果として抽出された乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図11に示す実施の形態に相当する。

【0014】また、請求項8に記載の発明においては、受光画像を平滑化する平滑化手段と、受光画像自体と平滑化処理結果との差を求める差検出手段とを設け、該差検出手段の検出結果を2値化した結果として求められた乱れ部分に相当する領域の個数もしくは総面積に基づいて被検査面の平滑性を判定するように構成している。上記の構成は、例えば後記図12に示す実施の形態に相当する。

【0015】また、請求項9に記載の発明においては、請求項1～請求項8に記載の構成において、2値化手段におけるしきい値として、被検査面の塗装の色に応じて予め定められた値を用いるように構成したものである。

【0016】また、請求項10に記載の発明においては、請求項1～請求項8に記載の構成において、受光画像の輝度に関する物理量に応じて、2値化手段におけるしきい値を自動的に設定する手段を備えたものである。

【0017】上記のように、本発明においては、ゆず肌等の塗膜表面の微小な凹凸によって生じる明暗境界領域の乱れを受光画像から検出し、その乱れの大きさ、乱れ領域の数、乱れ領域の総面積などによって塗膜面の平滑性を判定するように構成している。そのため従来のようにゆず肌自体を検出する必要がないので、従来装置よりも照明装置のストライプのピッチを大きくすることが出来る。例えば、ゆず肌の波長（ピッチ）は一般に0.1～1cm程度であり、従来の平滑性検査装置では上記のごときゆず肌を検出するために、照明の明暗パターンのピッチを0.15cm程度にする必要があり、そのため受光画像に映るストライプの本数やビデオカメラの分解能を考慮すると、ビデオカメラの撮影範囲は5cm×5cm（面積で約25cm²）程度と狭い範囲になっていた。しかし、本発明においては、上記のごときストライプの乱れによって平滑性を判定するので、ストライプのピッチを5cm程度にすることが出来、そのため撮像手段（ビデオカメラ）の撮影範囲は約20×12cm（面積で約240cm²）程度に大きくすることが可能になった。この数値は従来の約9～10倍であり、そのだけ広い面積を迅速に検査することが可能になる。

【0018】また、上記のように、明暗境界領域の乱れの大きさ、乱れ領域の数、乱れ領域の総面積などによって塗膜面の平滑性を判定するように構成しているので、被検査面が曲面で受光画像におけるストライプ幅やピッチが一定になっていない場合でも平滑性を正確に判定することが出来る。特に請求項2に記載のように、中心線と直角方向の幅によって判定する構成においては、被検

査面が3次元曲面で受光画像におけるストライプ画像が斜めになっている場合でも平滑性を正確に判定することが出来る。

【0019】また、請求項9、請求項10に記載のように、塗装の色に応じて2値化手段のしきい値を設定するものにおいては、塗装の色によって輝度やコントラストが変化する場合でも正確な判定が可能である。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、この発明を図面に基づいて説明する。図1は、この発明の一実施の形態における全体構成を示す図である。図1において、1は照明装置であり、被検査面3に所定の明暗パターンの光を照射するように配置されている。2はビデオカメラ（例えばCCDカメラ等）であり、明暗パターンが映し出された被検査面3を撮像するように配置されている。また、4はカメラコントロールユニットであり、ここではビデオカメラ2で撮像された受光画像の画像信号が生成され、画像処理装置5へ出力される。また、6はホストコンピュータであり、画像処理装置5の制御や処理結果を外部に表示させたり、出力させる機能を有する。また、7はモニターであり、ビデオカメラ2で撮像した画面等を表示する。

【0021】次に、図2は上記画像処理装置5の構成を示すブロック図である。図2において、カメラコントロールユニット4からの画像信号は、バッファアンプ8を介しA/D変換器9でデジタル値に変換される。また、MPU（マイクロプロセッサ）10は、画像データに対して所定の演算、処理等を行なう。11は画像データや処理結果を記憶するメモリであり、処理結果等はD/A変換器12を介してモニター7に出力して表示することができる。

【0022】次に、図3は、照明装置1の詳細を示す分解斜視図である。本実施の形態においては、明暗のストライプパターンの照明を用いるものとして説明する。図3において、1aは光源であり、その光は拡散板1bで拡散され、ストライプ板1cを通して被検査面に照射される。拡散板1bは、例えばすりガラスのようなものであり、被検査面3に光を均一に照射する。ストライプ板1cは、透明もしくは拡散板のようなものに黒色のストライプを所定の間隔で施したものである。なお、ストライプ板1cを用いず、拡散板1bに直接ストライプパターンを設けた構造（例えば艶消しの黒色テープをストライプ状に貼付ける）でも同様の効果がある。上記のごとき照明装置1を用いることにより、被検査面3上に明暗（白黒）のストライプ模様を映し出すことが出来る。なお、照明装置の構造は、被検査面上にストライプ模様を映し出すことができるものであればよく、上記実施の形態に限定されるものではない。

【0023】次に、作用を説明する。明暗ストライプが映し出されている被検査面3を撮像して得られる受光画像は、図4に示すようになる。図1に示したように被検査

面3が曲面の場合には、照明装置1のストライプパターンのピッチが一定の場合でも、受光画像におけるストライプピッチは被検査面3の曲率に応じて図4に示すように変化する。また、被検査面3にゆず肌のような微小な凹凸がある場合には、図4に示すようにストライプの境界線が乱れ、直線状にはならない。図4の受光画像において、画面左上端を原点(0,0)とし、座標軸x, yを定めると、任意のyの値（例えば $y = y_a$ ）におけるx方向の濃度（輝度）断面は、図5に示すようになる。

【0024】上記のように、図4に示す受光画像が原画像S0として図5に示すとき信号で画像処理装置5に取り込まれる。例えば、ビデオカメラ2からの画像信号をA/D変換し、輝度レベルを8bitのデジタル値に変換した場合、縦軸においては255が最大値で白、0が最小値で黒となる。また、1画面を512×480画素の分解能で取り込んだ場合、横軸は0～512の画素数となる。

【0025】なお、本発明者の実験においては、ビデオカメラ2の撮影範囲（視野）はx方向で約20cm、y方向で約12cm（面積で約240cm²）であり、ストライプのピッチは約5cmであった。一般に、ゆず肌の波長（ピッチ）は0.1～1cm程度であり、従来の平滑性検査装置では上記のごときゆず肌を検出するために、ストライプのピッチをゆず肌とピッチと同程度以下にする必要があった。しかし、本発明においては、従来と異なる原理で平滑性検出するものであるため、上記のように、ゆず肌のピッチよりも大幅に大きなピッチのストライプを用いることが出来る。そのため、ビデオカメラ2の視野も従来の5cm×5cm（面積で約25cm²）程度から上記のように面積比で9～10倍程度に拡大することが出来るので、広い面積を迅速に検査することが可能である。

【0026】以下、画像処理装置における画像処理の内容について説明する。図6～図12は、それぞれ本発明における画像処理の実施の形態を示すブロック図である。まず、図6に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項1の構成に相当する。なお、図13は画像処理における種々の処理段階の画像を示す図であり、以下図13を参照しながら説明する。図6において、まず、ステップs1では、ビデオカメラ2から図13(a)に示す原画像を入力する。

【0027】次に、ステップs2では、ストライプの明暗境界領域を抽出し（明暗境界領域抽出の方法については後述）、ステップs3で2値化することにより、図13(b)の画像を得る。次に、ステップs4で、画像(b)の白領域（明暗境界領域）に対してラベリング（ラベル付け：順番に番号を付す）を行ない、ステップs5で各白領域の幅dを計算する。この際、被検査面3の平滑性が悪いほど白領域（明暗境界領域）の乱れ量も

大きくなるので、幅dの変化も大きくなる。すなわち、図14に示すように、被検査面3の塗膜の平滑性が悪い（ゆず肌度大）ほど、明暗境界領域の幅の狭い箇所と広い箇所との差が大きくなり、上記の幅の分散と平滑性との関係は、図15に示すように、右上がりの関係となる。

【0028】実際には、例えば図13(b)の画像において、x方向の幅dを480ラインに対して求め、幅dの分散を求める統計処理を行ない、その結果と予め求めておいた図15の特性から平滑性を求めることが出来る。上記の処理はステップs6で行なう。なお、図15に示した幅dの分散と平滑性との関係は、予め複数の検査員によってゆず肌テストピースを用いた官能評価を行なって求めておけばよい。また、平滑性の度合は、実際の塗装作業において必要とされる品質に応じて、予め官能評価を行なって定められた度合であり、例えば“良、可、不可”のような数段階に表示するか、或いは1～5の5段階評価や1～10の10段階評価等で表示することが出来る。上記のような画像処理を行なうことにより、被検査面3が図2に示すような曲面であって受光画像のストライプ幅やピッチが一定でない場合であっても、平滑性を迅速に測定することが出来る。

【0029】次に、被検査面3が3次元的な曲面の場合について説明する。これは請求項2の構成に相当する。図16は、被検査面3が3次元的な曲面の場合における画像処理における種々の段階の処理画像を示す図である。図16において、(a)は受光画像、(b)は明暗境界領域の抽出結果、(c)は(b)の明暗境界領域を拡大した図、(d)は(c)の細線化処理結果である。

【0030】被検査面3が3次元的な曲面の場合には、受光画像は図16(a)に示すように歪んで映る。この場合、図16(c)に示すように、明暗境界領域の真の幅はd'であるのに、前記のように画面のx方向の幅を検出するようになっているため、x方向の幅dを明暗境界領域の幅として誤検出してしまう。この場合、図16(c)から判るように、 $d' < d$ であるため、実際よりも平滑性が悪いと判断してしまうことになる。このような状態を避けるためには、図16(d)に示すように、抽出した明暗境界領域の細線化を行なって中心線を抽出し、図16(c)の明暗境界領域において中心線の方と直交する方向の幅をd'を検出するように構成すればよい。この処理は前記図6のステップs5の幅演算処理において行なう。

【0031】上記の細線化処理とは画像処理で一般に用いられている処理方法であり、図形の中心線を線幅1画素の連結した線として求める処理である。なお、塗膜面の平滑性が非常に悪く、明暗境界領域の乱れが大きいかつ複雑なために、細線化処理で求めた中心線が乱れて正確な方向が認識出来ない場合には、求めた中心線を滑らかにする処理、例えば移動平均処理を行なうことによ

って正確な方向を求めることが出来る。或いは、明暗境界領域の2値化画像に膨張/収縮処理（後記図7で説明）を施すことによって乱れを小さくし、その結果に対して細線化処理を行ない、中心線を求めてもよい。また、上記の膨張/収縮処理を繰返し行なうことによって明暗境界領域の乱れが殆どなくなり、斜めの直線状になれば、細線化することなしに方向を求めることも出来る。

【0032】次に、上記ステップs2の明暗境界抽出処理の一例について説明する。図17は、明暗境界抽出処理時における輝度信号波形と画像を示す図である。図17において、原画像S0に所定の平滑化処理（例えば単純平均化フィルタを通す）を行なって微小ノイズを除去すると、エッジのややぼけた画像S1が得られる。次に、所定の微分（または差分）処理（例えばsobelフィルタを通す）を行ない、その結果の絶対値（具体的にはx方向とy方向の絶対値の和もしくは二乗の和の平方根）を求めると、明暗の変化する領域（エッジ成分）のみの画像S2を抽出することが出来る。これを所定のしきい値で2値化し、例えば明暗境界領域を白（レベル255）とし、それ以外の背景を黒（レベル0）とした2値画像S3を作成する。このようにして明暗の境界領域を抽出することが出来る。なお、明暗境界抽出の方法は、上記の方法に限られるものではない。

【0033】次に、図7に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項3の構成に相当する。なお、この場合も図13を参照しながら説明する。図7において、ステップs1～ステップs3の処理は、前記図6と同じである。次に、ステップs7では抽出した2値化した明暗境界領域に対して膨張/収縮処理を行なう。この膨張処理とは、図18に示すような画像の或る背景画素Q0（輝度0の黒：レベル0）の近傍Q1～Q8中に少なくとも1つの図形画素（輝度1の白：レベル255）がある場合に当該背景画素Q0を輝度1の白に変換するものである。したがって画像中の図形画像の連結部分は外側に1画素づつ広がり、すなわち膨張する。この膨張処理においては、明暗境界領域波形の凹んだところから先に輝度1の白に変化するので、膨張処理を繰り返すことによって乱れ波形が次第に整形される。次に収縮処理は、上記と逆の処理であり、図形画素を背景画素に変える処理で、図形画素の連結部分は内側に1画素づつ収縮する。

【0034】上記のような膨張処理を行なうことにより、ゆず肌による明暗境界領域の乱れ（図13bの白線の乱れ）が減少し、直線状の明暗境界領域が得られる。なお、膨張処理の処理回数は、予想される範囲で最もゆず肌が大きく発生しているサンプルを用い、それに対して明暗境界領域の乱れがなくなるまで処理を行なうことによって予め実験的に求めておけばよい。次に、上記の膨張処理の回数と同じ回数だけ収縮処理を繰り返すことにより、図13(c)に示すように、膨張/収縮処理を

行なう前の明暗境界領域とほぼ同じ幅を持つ直線状の明暗境界領域が得られる。

【0035】次に、ステップs8において、図13(b)と(c)の画像の排他的論理和(EX-OR)を求める論理演算を行なうことにより、図13(d)に示すようなゆず肌による乱れの個所のみを抽出することが出来る。ゆず肌の凹凸の波長、高さが大きい(塗膜面の平滑性が悪い)ほどストライプの明暗境界領域の乱れも大きくなり、図13(d)の抽出領域の個数や総面積が大きくなる、という関係がある。したがってゆず肌の程度(塗膜面の平滑性)と上記抽出領域の個数または総面積との関係を予め実験で求めて定量化しておき、上記抽出領域の個数または総面積を求めて当てはめることにより、塗膜面の平滑性を判定することが出来る。図7においては、ステップs9で図13(d)の各抽出領域にラベリングを行ない、ステップs10で、抽出領域の個数計算または総面積計算を行ない、ステップs11で、上記のごとき実験結果に当てはめる処理を行なうことにより、平滑性の判定を行なう。

【0036】次に、上記の平滑性判定方法において、被検査面3の曲率によって画面に映るストライプの本数が変化する場合には説明する。上記のようにステップs10、s11の処理において、図13(d)における抽出領域の数によって平滑性を判定する方法の場合には、1画面当りのストライプの本数が同じである方が望ましい。この理由は、1画面当りのストライプの本数によって明暗境界領域の数が増加するので、平滑性が同じでも1画面に映るストライプの本数が多いほど上記抽出領域の数も増加し、平滑性判定結果に誤差を生じるおそれがあるためである。

【0037】上記のごとき誤差の発生を防止するための対策の1例として、1画面内において一定数の明暗境界領域に対して判定を行なう方法を説明する。前記図13において、(b)と(c)との論理演算を行なって

(d)を得る場合に、所定の領域、例えば中央の2領域(b_1 、 b_2 と c_1 、 c_2)についてのみ毎回行なうようにすれば、図19に示すように曲面によって画面全体に映るストライプの数が変化しても、常に中央の2領域という一定の領域に対してのみ処理を行なうので、毎回正確な判定を行なうことが出来る。また、上記の1画面当りの処理領域数は、予め被検査面の最大曲率から画面に映るストライプ数の最小値を求めておき、それに基づいて定めておけばよい。また領域の指定は、明暗境界領域のラベル番号を指定することや“画面中央”といった画面内の位置などで指定すればよい。他の方法としては、受光画像に映るストライプの本数や幅から被検査面の曲率を算出し、それに基づいて上記処理領域数の決定や処理領域の指定を行なうように構成してもよい。或いは、上記の求めた曲率に基づいて抽出領域の個数を直接補正するような処理を行なってもよい。

【0038】次に、図8に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項4の構成に相当する。なお、この場合も図13を参照しながら説明する。図8において、ステップs1～ステップs3の処理は、前記図6と同じである。次に、ステップs12で、明暗境界領域の平滑化を行ない、ステップs13で、その2値化を行ない、その結果を用いて前記図7のステップs8以下の演算を行なう。上記ステップs12における平滑化処理は、ゆず肌による明暗境界の乱れを平坦化するための処理であり、この結果を2値化すると前記の膨張/収縮処理と同様に図13(c)に示すごとき画像が得られる。

【0039】上記の平滑化処理の具体的な内容は、例えば最大値フィルタおよび最小値フィルタである。最大値フィルタとは、例えば前記図18のような 3×3 サイズの場合に、 $Q_0 \sim Q_8$ の9個の画素のうちの輝度値の最大値を Q_0 の新しい輝度とするものであり、最小値フィルタは上記の逆に最小値を新しい輝度とするものである。このような最大値フィルタ処理を前記図17のS2のような濃淡画像に適用すると、周囲よりも輝度値の大きな領域が広がることになるので、明暗境界領域が周囲に広がる。この際、明暗境界領域波形の凹んだところから先に輝度の大きな領域に変化するので、最大値処理を繰り返すことによって乱れ波形が次第に整形される。この処理をゆず肌による乱れが埋め尽くされるまで行なう。次に、上記の最大値フィルタ処理と同じ回数だけ最小値フィルタ処理を行ない、領域の幅をほぼ元の値に戻した後、2値化すると、前記図13(c)に示したような直線的な明暗境界領域が得られる。すなわち、最大値フィルタ/最小値フィルタ処理を行なっても前記の膨張/収縮処理と同様の結果が得られる。

【0040】次に、図9に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項5の構成に相当する。なお、この場合も図13を参照しながら説明する。図9において、ステップs1とステップs2における処理は、前記図6と同じである。次に、ステップs14で、ステップs2で求めた明暗境界領域に対して平滑化処理(図8のステップ12と同様)を行ない、ステップs15で、平滑化処理結果とステップs2で求めた明暗境界領域との差の絶対値を求める。この結果は、明暗境界に乱れがあった個所の輝度値がそれ以外の個所より高く残るため、ステップs16で、所定のしきい値で2値化すると、前記図13(d)のごとき画像が得られる。その後は、前記と同様にステップs9～s11の処理を行なうことによって平滑性を判定することが出来る。なお、ステップs15においては単に両者の差を求めてもよいが、その場合には符号に注意する必要があるため後処理が複雑になる。したがって上記のように差の絶対値を求めることにより、後処理を容易にしている。

【0041】次に、図10に示す画像処理について説明

する。この実施の形態は請求項6の構成に相当する。この場合は図20を参照しながら説明する。図10においては、ステップs2の明暗境界抽出処理を行わず、ステップs1入力した画像に対して直ちにステップs3の2値化処理を行なうと、図20(a)の画像が得られる。次に、ステップs17では、2値化画像の白領域または黒領域の何れか一方に対して膨張/収縮処理を行なう。例えば、対象を黒領域とすれば、初めに黒領域に対して膨張処理を行ない、ゆず肌による乱れ(白と黒の境界領域の乱れ)をなくし、その後、収縮処理を行なって黒領域の幅をほぼ元の大きさに戻すと、図20(b)のような画像が得られる。次に、ステップs8で膨張/収縮後の画像とステップs3の2値化画像との論理演算(例えばEX-OR)を行なうことにより、図20(c)に示すような乱れ領域のみの画像(前記図13dと同様の画像)が得られる。以下、前記と同様にステップs9~s11の処理を行なうことによって平滑性を判定することが出来る。

【0042】次に、図11に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項7の構成に相当する。なお、この場合も図20を参照しながら説明する。図11においては、一方ではステップs1で入力した入力画像をステップs3で2値化し、他方ではステップs1で入力した入力画像をステップs18で平滑化処理したのちs19で2値化し、その両者に対してステップs8の論理演算を行なう。上記の平滑化処理はゆず肌による明暗境界領域の乱れを平坦にするための処理であり、具体的内容は前記図8のステップs12の平滑化処理と同様である。このような処理によっても図20(c)のような画像が得られるので、前記と同様にステップs9以下の処理を行なうことによって平滑性を判定することが出来る。

【0043】次に、図12に示す画像処理について説明する。この実施の形態は請求項8の構成に相当する。なお、この場合も図20を参照しながら説明する。図12においては、ステップs1で入力した入力画像をステップs20で平滑化処理した結果と入力画像自体との差の絶対値を求める(この場合も図9と同様に単に両者の差を求めてもよい)。この結果は、明暗境界に乱れがあった個所の輝度値がそれ以外の個所より高く残るため、ステップs22で、所定のしきい値で2値化すると、図20(c)のごとき画像が得られる。その後は、前記と同様にステップs9~s11の処理を行なうことによって平滑性を判定することが出来る。

【0044】次に、被検査面の塗装色による影響を防止する実施の形態について説明する。この実施の形態は請求項9の構成に相当する。被検査面3の塗装色によって、例えば前記図17(S1)における明部と暗部の輝度差すなわちコントラストが変化すると、図17(S2)に示す明暗境界領域の抽出結果における微分レベル

も変化するので、これを固定のしきい値で2値化した場合には、塗装色によって明暗境界領域の幅dが変化してしまう。これを防止する第1の方法としては、予め塗装色に適したしきい値を実験で求めておき、塗装色に応じたしきい値に設定してやる方法である。

【0045】また、第2の方法としては、受光画像から塗装色を認識し、それに応じて2値化のしきい値を自動的に最適値に設定する方法である。この実施の形態は請求項10の構成に相当する。以下この方法について説明する。図21に示すように、塗装色が明るい色(白やシルバーメタリック等)と暗い色(黒、紺、ガンメタリック等)では、輝度およびコントラストが異なり、塗料自身の持つ明度が高いほど輝度値は全体に高く、コントラストは小さくなる傾向がある。したがってこれらを微分(実際にはsobelフィルタ等の差分フィルタを用いる)し、その絶対値を求めると、図22に示すようになり、コントラストの違いに応じて2値化しきい値を変える必要があることが判る。なお、図22において、破線はコントラスト大の特性、実線はコントラスト小の特性を示す。また、ThLはコントラスト大の場合に適したしきい値、ThDはコントラスト小の場合に適したしきい値である。

【0046】コントラストの違いに応じて2値化しきい値を変える方法としては、図21に示したような原画像の輝度に関する物理量、例えば画像中の輝度の最大値や平均値などを求め、その大きさに応じて塗装色を判定し、しきい値を決定する方法が考えられる。或いは、図21の輝度特性における極大値と極小値とからストライプのコントラスト(明暗差)を求め、それに応じてしきい値を決定することも出来る。上記のように構成することにより、塗装色が異なっても、受光画像の輝度情報に基づいて最適なしきい値を自動的に設定することが出来、常に正確な平滑性を判定することが出来る。

【0047】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明においては、ゆず肌等の塗膜表面の微小な凹凸によって生じる明暗境界領域の乱れを受光画像から検出し、その乱れの大きさ、乱れ領域の数、乱れ領域の総面積などによって塗膜面の平滑性を判定するように構成しているので、従来装置よりも照明装置のストライプのピッチを大きくすることが出来、それによって撮像手段の撮影範囲を従来よりも大幅に大きくすることが可能になった。そのため、広い面積を迅速に検査することが可能になる、という効果が得られる。

【0048】また、上記のように、明暗境界領域の乱れの大きさ、乱れ領域の数、乱れ領域の総面積などによって塗膜面の平滑性を判定するように構成しているので、被検査面が曲面で受光画像におけるストライプ幅やピッチが一定になっていない場合でも平滑性を正確に判定することが出来る、という効果が得られる。

【0049】また、塗装の色に応じて2値化手段のしきい値を設定するように構成したものにおいては、塗装の色によって輝度やコントラストが変化する場合でも正確な判定が可能になる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における全体構成を示すブロック図。

【図2】図1における画像処理装置5の一例のブロック図。

【図3】図1における照明装置1の一例の分解斜視図。

【図4】ストライプ状の受光画像を示す図。

【図5】図4の画像信号を示す信号波形図。

【図6】第1の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図7】第2の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図8】第3の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図9】第4の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図10】第5の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図11】第6の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図12】第7の実施の形態における処理内容を示すフローチャート。

【図13】画像処理における種々の処理段階の画像を示す図。

【図14】明暗境界領域の幅dの乱れと平滑性との関係を示す図。

【図15】明暗境界領域の幅dの分散と平滑性との関係を示す特性図。

【図16】3次元曲面によって明暗境界領域が斜めになった場合の処理を示す図。

【図17】他の画像処理における種々の処理段階における信号波形と画像を示す図。

【図18】膨張/収縮処理における画素位置を示す図。

【図19】曲面によって画面全体に映るストライプの数に変化した状態を示す図。

【図20】他の画像処理における種々の処理段階の画像を示す図。

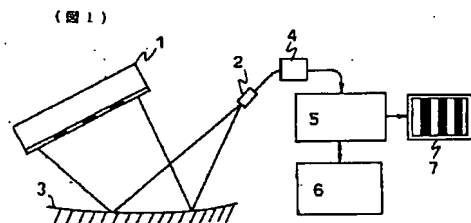
【図21】塗装色の明度による輝度およびコントラストの変化を示す信号波形図。

【図22】塗装色の明度に応じた輝度およびコントラストの変化による微分結果の波形としきい値を示す図。

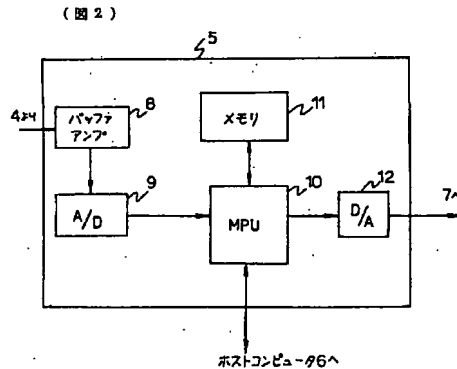
【符号の説明】

1…照明装置	5…画像処理装置
1 a…光源	6…ホストコンピュータ
1 b…拡散板	7…モニタ
1 c…ストライプ板	8…バッファアンプ
1 d…背景	9…A/D変換器
2…ビデオカメラ	10…MPU
3…被検査面	11…メモリ
4…カメラコントロールユニット	12…D/A変換器

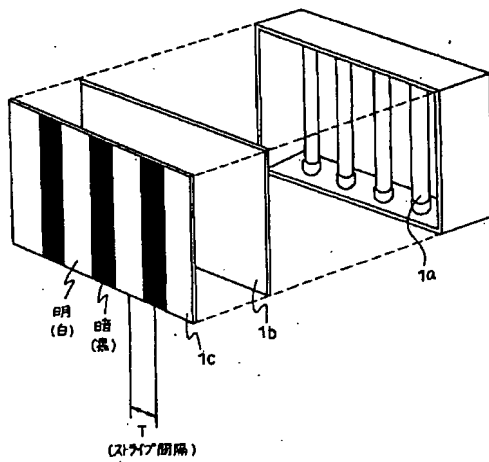
【図1】



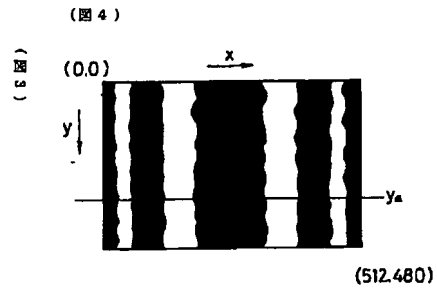
【図2】



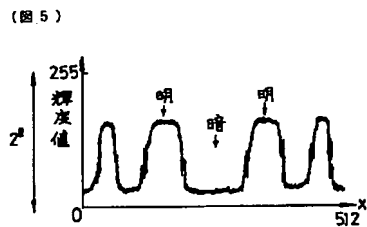
【図3】



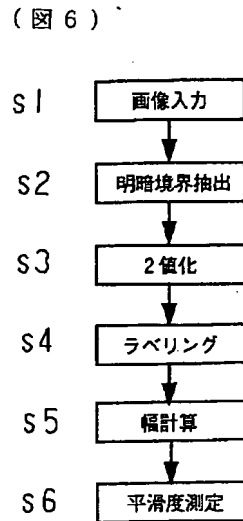
【図4】



【図5】



【図6】



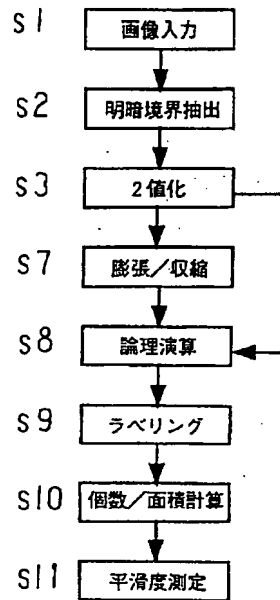
【図18】

(図18)

Q1	Q2	Q3
Q4	Q0	Q5
Q6	Q7	Q8

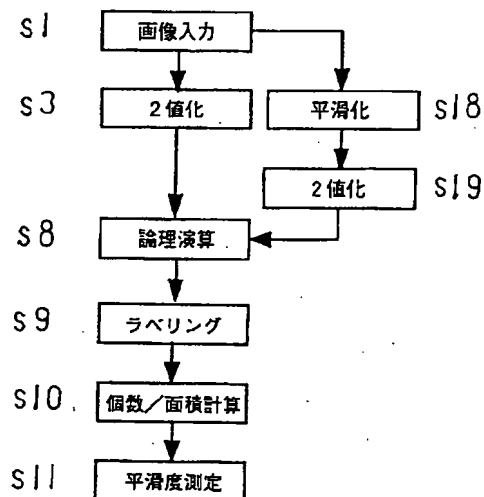
【図7】

(図 7)



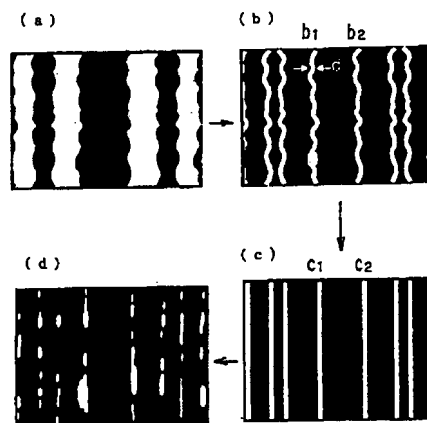
【図11】

(図 11)



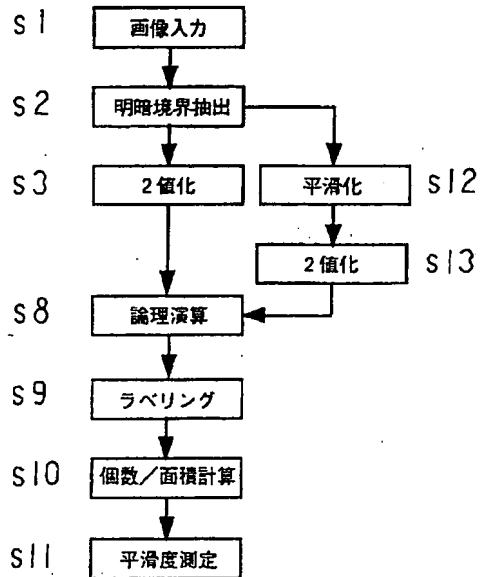
【図13】

(図 13)



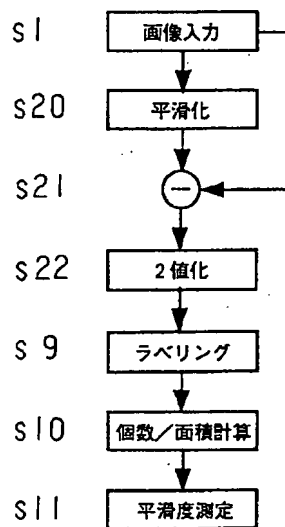
【図8】

(図 8)



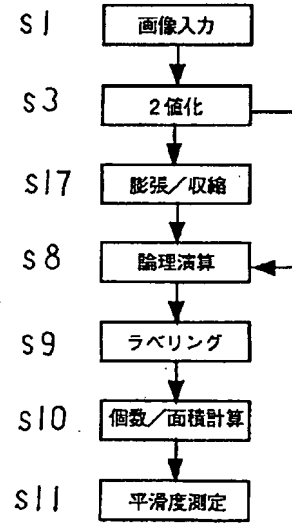
【図12】

(図 12)



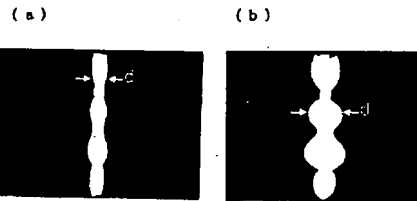
【図10】

(図 10)



【図14】

(図 14)

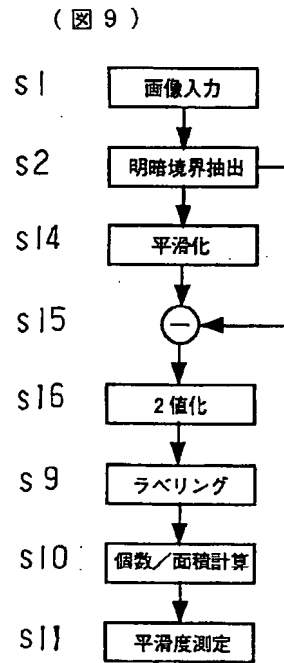


【図19】

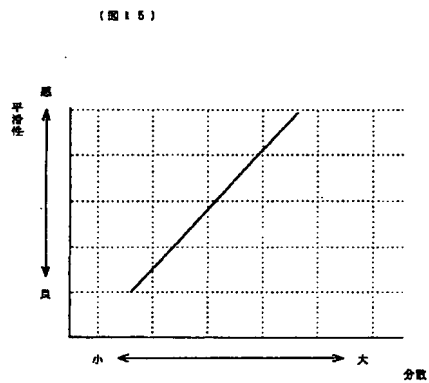
(図 19)



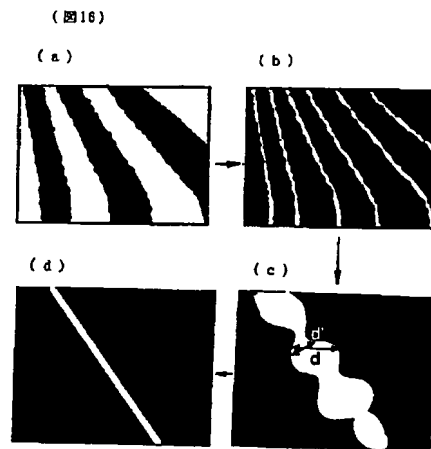
【図9】



【図15】

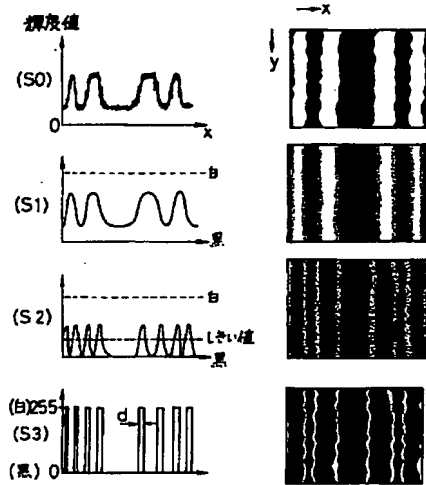


【図16】



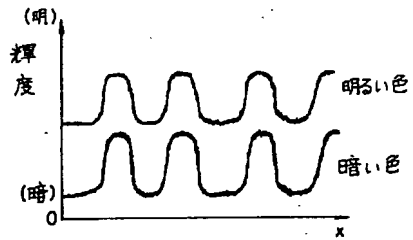
【図17】

(図17)



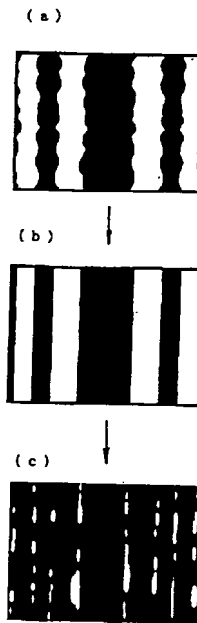
【図21】

(図21)



【図20】

(図20)



【図22】

(図22)

